PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

06-061790

(43)Date of publication of application: 04.03.1994

(51)Int.CI. H03H 17/02 G10H

21.02.1992

1/12 G10H 7/00

(21)Application number : 04-035423 (71)Applicant:

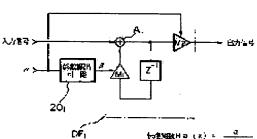
YAMAHA CORP (72)Inventor: KUNIMOTO TOSHIFUMI

(54) DIGITAL FILTER

(22)Date of filing:

(57)Abstract:

PURPOSE: To eliminate the need for complicated function calculation and for provision a table storing in advance nonlinear functions by calculating a coefficient in nonlinear relation to a characteristic of the filter in a way of approximating to one polynomial or over. CONSTITUTION: An input signal of a filter DF1 is fed to one input terminal of an adder A, and an output signal of the adder A1 is fed to a multiplier input terminal of a multiplier M2 and a delay input terminal of a delay element Z-1. The output signal from the delay element Z-1 is given to the multiplier M1 in which a coefficient $oldsymbol{eta}$ is multiplied with the signal and the product is fed back to another input terminal of the adder A1. On the other hand, a signal fed to a multiplier input terminal of the multiplier M2 is multiplied with a coefficient a and the result of multiplication is outputted externally as an output signal of the digital filter. Thus, each coefficient of a discrete transfer function of the digital filter, especially a coefficient including a nonlinear function term is approximated by one polynomial or more not including an exponential function and a trigonometric function.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.09.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

15.10.1996

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

8

(11)特許出願公開番号

特開平6-61790

48

日 平成6年(1994)3月4日	技術表示箇所
(43)公開日	- L
	庁内整理番号 7037—5 J 8622—5H 8622—5H
	(株別記号 /02 は /12 し /00

H03H 17/ (51)Int.C.

G10H

審査請求 未罰水 請求項の数1(全21頁)

521 S

G10H 7/00

8822-5H

(71)出個人 000004075	サンパルの成立 静岡県統松市中沢町10番1号 (72)発明者 国本 利文 静岡県統松市中沢町10番1号 ヤマンム	労化別人 弁理士 志賀 正成 (外2名)
特颐平4-35423	平成 4年(1992) 2月21日	
(21)出願番号	日曜年(乙)	

(54)【発明の名称】 ディジタルフィルタ

(24) [泰約]

[目的] 複雑な関数計算を行う必要のない、また、予 **的非線形関数を格納したテーブルを用窓しておく必要の** ないディジタルフィルタを提供すること。

5。この近似された伍遵関数の係数8を、所望のフィル し、この変換された伝達関数の各係数を、特に非線形関 数を含む係数を少なくとも一個以上の多項式にて近似す 【構成】 アナログフィルタの伝達関数をs-z変換 を特性に基づく情報 a から係数算出回路 3 0 が資算し、 **乗算器M』の乗算係数として供給する。**

的路 と語る

[特許請求の範囲]

価な離散伝避関数を有し、この離散伝達関数の一部に非 【欝水項1】 所定のアナログフィルタの伍遵閲数と等 **線形関数が含まれるディジタルフィルタにおいて、**

前記非線形関数は、指数関数および三角関数を含まない 一個以上の多項式によって近似されたことを特徴とする ディジタルフィルタ。

[発明の詳細な説明]

[0000]

[産薬上の利用分野] この発明は、例えば、電子楽器等 に用いて好適なディジタルフィルタに関する。

[0002]

【従来の技術】フィルタ特性(カットオフ周波数や、Q タの散計が比較的容易である。一方、ディジタルフィル タでは、同時に変化させる係数が多く、またこれら係数 は、各案子(CR特)の係数とフィルタ特性との関係が **比例関係にあるので、直感的にもわかりやすく、**フィル とフィルタ特性との関係も複雑なので、直感的にもわか りにくく、フィルタの設計も困難であるという問題があ 値等)を変化させるような場合、アナログフィルタで

育

ているようなディジタルフィルタが知られている。この に、従来より特開昭61-1821.2号公報に記載され し、また、これら係数とフィルタ特性との関係を単純で [0003] そこで、このような問題を解決するため アイジタルフィルタは、姪化させるべき保敷を少なく 回感的に理解しやすくするものかもった。

[0004]

[発明が解決しようとする觀題] ところで、上述したデ ィジタルフィルタでは、係数が非線形閣数(指数閣数や 所望のフィルタの特性が与えられた場合に、複雑な関数 **計算を行う必要がある。このような計算を簡単なハード** り、また仮に、行うことができるとしても、非常に扱い リアルタイムに制御させることができないという問題が ウェアあるいソフトウェアによって行うことは困難であ **計算時間を必要とする。したがって、フィルタの特性を** 三角関数等)で関連付けられることが多い。この結果、

[0005]そこで、非線形関数の計算結果を予め格納 したテーブルを用意しておき、このテーブルを介して係 数の算出を行うことが考えられる。この場合、非線形関 数の種類だけテーブルを用意しなければならず、乗算係 数を計算するための構成が非常に複雑になるという問題

[0006] この発明は上記問題に鑑みなされたもの

この伝達関数Ha(s)にs-2変換を施して、伝達関 数Ha(z)を求める。以下、このsーz変換に、標準 2+5 Ha (s) =-

2 変換および双線形変換を用いた場合の実施例について

で、その目的とするところは、ディジタルフィルタの伍 **愛関数に含まれる非線形な関係にある係数を、線形な関** 係にある閲数を用いて算出することによった、非線形閣 数の複雑な計算を行う必要のない、あるいは、前述した ようなテーブルを用意しておく必要のないディジタルフ イルタを超供することにある。

[0007]

非線形閣数が含まれるディジタルフィルタにおいて、前 個以上の多項式によって近似されたことを特徴としてい 解決するために、所定のアナログフィルタの伝避関数と 記非線形関数は、指数関数および三角関数を含まない一 [袰圀を解決するための手段] この発明は、上記課題を **等価な離散伝遊閲数を有し、この離散伝遊閲数の一部に**

[0008]

[作用] 上述した構成によれば、ディジタルフィルタの に行うことができる。したがって、フィルタ特性に基づ 雕散伝連関数の各係数、特に、非線形関数項を含む係数 は、指数関数および三角関数を含まない一個以上の多項 ェアやソフトウェアによるCPUの計算等によって高速 て各係数を算出することができ、ディジタルフィルタの 式によって近似される。この近似された各係数は、非線 形閣数の複雑な計算を行うことなく疑除算を用いて演算 することができるので、各係数の算出は簡単なハードウ くパラメータ僧報を変化させても、この変化に追従させ 特性をリアルタイムに制御させることが可能になる。

[6000]

【実施例】以下、この発明の各実施例について図面を書 照した説明する。これらの珱描倒では、まず、アナログ フィルタの石塑関数を8-2歿換し、この変換された伝 遊開数に含まれる非線形開数項を一個以上の多項式(線 形多項式)によって近似する。アナログフィルタには模 々な種類があり、また、s-z変換にも、標準z変換や 整合 2 変徴等の様々な種類がある。さらに、近似の方法 にも、殺数展開の近似や做分の整分近似等がある。つま り、これら組み合わせることにより、非常に多くの種類 が考えられる。そこで、s-z蛮換と近似方法との組み 合わせによるディジタルフィルタの構成について、いく **しかの
英
協
例
を
参
照
し
て
説
明
す
る
。**

[0010] A:1次LPF

はじめに、簡単な1次LPF(ローパスフィルタ)に適 用した各裏施例について説明する。周知のように、アナ ログフィルタを用いた1次LPFの伝燈関数Ha(s) は、次式によって殺すことができる。

[0011] A-1-1:標準z変換による1次LPF 各々説明する。 (1 太近似)

る。式 (A1) に標準2 疫機を施して、2の伝递関数に変 まず、標準を獲換を用いた第一英施例について説明す

Ha (2) = $\frac{1-e \times p (-a) Z^{-1}}{1-e^{-a}}$

となる。この式において、保数aはa=2ェ・fc/F sであり、fcはカットオフ周波数、Fsはサンプリン グ固故数を示す。

 $e \times p(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!}$ 数を11Rフィルタにて構成する場合には、前述のよう に、式 (A2) に含まれる指数関数 e x p (-α) の計算 【0012】ところで、式 (A2) により示される伝递関

このとき、×の値が十分小さいときには、式 (A3) の1 **大の項 (第2項) までを用いて近辺することができる。** exp(x) +1+x

と近似することができる。式 (A2) におけるaが十分に は、式 (A4) より、exp (-a) キ1-a と近似す リング周波数FSに対して無視できる程に小さいときに 小さいとき、すなわち、カットオフ周改数1cがサンプ

[0013] 次に、式 (A5) の伝達関数により示される のフィルタDF」と係数算出回路20」とから構成され る。フィルタDF」には、加算器A」と、乗算係数を各 々β、αとする駅算器M1、M2と、サンプリング周波数 Fsの1周如分に毎しい避延時間を有する避延券子 z - 1 ゲィジタルフィルタの構成について説明する。図1はこ この図に示すように、この実施例は1次の直接型11R シフトレジスタが用いられる。このフィルタDF₁ の伝 のディジタルフィルタの構成を示すプロック図である。 とが散けられている。この遅延索チェ-1には、例えば、 **産因数は、α/ (1−βz⁻¹) である。**

延入力端に供給される。遅延案子 2-1の出力信号は、乗 の入力端に帰還される。一方、乗算器M2 の乗算入力端 の一方の入力塩に供給され、さらに、加算器 A」の出力 算器M』において係数βが乗算されて加算器A」の他方 に供給された信号には、係数々が乗算され、この乗算結 信号は栗算器M2 の乗算入力端および遅延案子 z =1の遅 果がディジタルフィルタの出力信号として外部出力され [0014] フィルタDF1 の入力信号は、加算器A1

【0015】また、保数算出回路20」は保数αから係 に、保数算出回路201は1つの加算器B1から構成さ れる。aは、前述のように所留のフィルタ特性により定 た、加算器B1の加算入力端 (+) には、数値「1」が 数8を算出する。図2は、この係数算出回路20」の構 められるデータであり、図示さぬデータ供給部より供給 され、加算器B」の複算入力増(一)に供給される。ま 成を示すプロック図の一例であり、この図に示すよう

換すると [数2]

ブル用意をしなければならない。そこで、式 (A2) を近 を行うか、あるいは、予めこの指数関数を格納したテー · · · · (A2)

似することを考える。一般に、指数関数 e x p (x)を **水式のような級数に展開できることは知られている。** [数3]

すなわち、式 (43) は、 + x u +

(8¥).....

[数4]

て、標準2変換による1次LPFの伝達関数Ha (z) ることができる。これを式 (A2) に用いることによっ は、次式のようになる。

.....(A4)

····· (**A**5)

hは、式 (A5) における z-1の係数が (1-a) である =1-aとなる係数8を算出することができれば、その ためである。なお、この場合、係数算出回路201は月 算出回路 $2 \ 0_1$ は $\beta = 1 - lpha$ なる係数 etaを算出する。こ 擀成は問われない。例えば、係数算出回路20~を改算 器によって構成しても良い。

に示すものとすることができる。また、係数e x p. (ー ので、フィルタの特性をリアルタイムに制御させること 【0016】したがって、図1に示すような構成にする (-α) の計算結果を予め格納したテーブルを必要とす の変化に追従して(1 - a)を変化させることができる a (カットオフ周波数 f c) が連続的に変化しても、こ ることなく、係数算出を行うことができる。この結果、 ことにより、ディジタルフィルタの伝達関数を式 (A5) a) は(1-a)と近似されるので、指数関数exp ができる。

1 に示すものとは別構成にした例である。同図 (1) の [0017] 図3 (1)、(2) は各々、式 (A5) の伝 **整関数により示されるディジタルフィルタの構成を、図** ディジタルフィルタにおいて、その入力信号は加算器A 器A3の一方の入力端に供給される。加算器A3の加算 結果は、このディジタルフィルタの出力信号として外部 される。そして、遅延業子 2⁻¹の出力信号は、加算器A 2 の域算入力端 (一) と加算器 A3 の他方の入力端とに 出力されるとともに、遅延案子 z -1の遅延入力端に供給 2 の加算入力端(+)に供給される。加算器A2の加算 結果は、乗算器M3において係数aが乗算されて、加算

【0018】また、同図(2)のディジタルフィルタに

な々供給されて、帝国される。

供給される。これにより、加算器B」、すなわち、係数

号として外部出力されるとともに、遅延索子 z-1の遅延 恰される。加算器 A_4 の加算結果は、乗算器 M_4 におい 器A5の加算入力端(+)に供給されるとともに、乗算 て係数aが樂算されてこのディジタルフィルタの出力信 入力端に供給される。遅延紫子 z =1の出力信号は、加算 器M5 において係数 a が乗算されて加算器 A5 の域算入 力媼(一)に供給される。そして、加算器A5の加算結 おいて、その入力信号は加算器A4の一方の入力端に供 果は加算器A4の他方の入力端に帰還される。

K数として発算器M3 、あるいは乗算器M4 、M5 ~直 [0019] 図3 (1) および (2) に示すように、デ **計算を簡略化することができる。したがって、a を乗算** イジタルフィルタを構成することによって、乗算器M3 ~5の果算係数をいずれもaとすることができ、係数の

 $e \times p (-\alpha) = 1 - \alpha + \frac{\alpha^2}{2}$

したがって、この実施例の伝遊閲数Ha(z)は、次式 のようになる。

Ha
$$(z) = \frac{a}{1 - (1 - a + \frac{a^2}{2}) z^{-1}}$$

方の入力端に供給される。一方、乗算器C1においてα² 例である。この図に示すように、係数算出回路202 は 力器(+)には「1」が供給される。このため、加算器 また、乗算器 C_2 の他方の入力幅には、「1/2」が供 果、このディジタルフィルタの伝遊関数は、式 (A7) に 【0021】次に、その伝遊関数が式 (A7) により示さ れるディジタルフィルタの構成について説明する。この 場合、ディジタルフィルタの構成は、図1に示すものと 同じものになるが、係数算出回路201 は図4に示す係 数算出回路202に置き換わる。図4は、β=1-α+ の他方の入力増に各々供給される。加算器B2の加算入 ${\sf B}_2$ の加算結果は(${\sf 1}-{\sf a}$)となって、加算器 ${\sf B}_3$ のー る。そして、加算器B3は、加算結果(1-a)と乗算 lpha 2/2 なる係数 8を算出する係数算出回路 $2\,0_2\,$ の--2) となって、加算器B3の他方の入力場に供給され 枯果 $(a^2/2)$ とを加算して、 $\beta=1-a+a^2/2$ (-)、乗算器 C_1 の一方の入力端、および乗算器 C_1 が資算され、乗算器C2 の一方の入力端に供給される。 拾される。このため、乗算器 C_2 の乗算結果は($\mathsf{a}^2 { extstyle /}$ なる係数 B を乗算器M1(図1) に供給する。この結 加算器B2、B3と頻算器C1、C2とから構成される。 【0022】まず、aは、加算器B2の模算入力端

Ha (z) =
$$\frac{a}{1 - \frac{2 - a}{2 + a}} z^{-1}$$

となる。この式 (B1) に微分の整分近似を施すと、次式 のようになる。

寅的に供給することによって、フィルタの特性をリアル タイムに制御することができる。

停開平06-061190

3

[0020] A-1-2:標準z変換による1次LPF (2枚以上の近似)

上述した例では、フィルタ係数(z-1の項)の近似を1 **次近似とする場合について説明した。この場合、フィル** タ自身の構成を簡略化することができるが、周波数特性 の再現性が劣ることがある。そこで、フィルタ係数の近 似を2次以上として、周波数特性の再現性を向上させた 第二英施例について説明する。まず、式 (A3) の2次の 項 (第3項) までを用い、係数exp (-a) を次式の ように近似する。

..... (A6)

[数7]

....(A1)

示すものとなる。なお、この場合、係数算出回路202 は8=1ーα+α2/2となる係数8を算出することが できれば、その構成は問われない。

することが容易になり、a (カットオフ周波数 [c) が [0023] このような構成を用いることによって、前 近した第一段施例と同様に、係数exp(−α)を算出 連続的に変化しても、この変化に追従して係数を変化さ せることができるので、フィルタの特性をリアルタイム に変化させることができる。さらに、第一段施例と比較 保教に対応して保教は田回路を歌ば路と加算器とから権 して周波数特性の再現性を向上させることができる。以 下同様に、2次以上の近似を行う場合でも、近似された 成することにより、1次LPFを契現することができ

[0024] A-2-1:双線形変換による1次LPF

用いた第三英結例について説明する。まず、式 (A1) に 上述した実施例では、sーz変換に標準z変換を用いた 例にしいた説明した。次に、s-z疫数に双線形斑殻を 双線形変換を施し、zの伝達関数に変換すると、

(IB)

[数9]

Ha (z) =
$$\frac{\alpha/(1+\alpha)}{1-\frac{1}{1+\alpha}}$$
z⁻¹

る。一般に1/(1+x)の関数を次式のような級数に [0025] さらに、式 (B2) を近似することを考え

 $-=1-x+x^2-\frac{2\times3}{3!}x^3+\cdots$ ×の値が十分小さいときには、式 (A3) と同様に、式 × + –

$$\frac{1}{1+x} = 1-x$$

(B3) の1次の項 (第2項) だけを用いて近似すること

フ固嵌数 f c がサンプリング周波数F s に対して無視で 【0026】そして、式 (A2) の協合と回模に、式 (B 2) におけるαが十分小さいとき、すなわち、カットオ Ha (z) = $\frac{\alpha/(1+\alpha)}{1-(1-\alpha)}$ と近似することができる。

式 (15) において、分子の1/ (1+a) の項はゲイン を表しているので、省略しても大差はない。これによ g

Ha (z) =
$$\frac{\alpha}{1-(1-\alpha)}$$
 z⁻¹

となり、式 (A5) と同一になる。つまり、双線形変換を 用いた場合でも、ディジタルフィルタの構成は、図1に 示すものと同一になり、この場合の係数算出回路20の **構成も図2に示すものと同一になる。したがって、前述** した第一実施例と同様に、係数の算出が容易になり、 a が連続的に変化しても、この変化に追従して係数を変化 させることができるので、フィルタの特性をリアルタイ

$$\frac{1}{1+\alpha} + 1 - \alpha + \alpha^2$$

したがって、この場合の伝遊関数Ha(z)は、次式の

Ha (z) =
$$\frac{a}{1 - (1 - a + a^2) z^{-1}}$$

【0028】この戦福奥によるディジタルフィルタの権 る。図5は、 $\beta=1-\alpha+\alpha^2$ なる係数 β を算出する係 数算出回路203の一例である。この図では、係数算出 成は、図1に示すものと同じものになるが、係数算出回 回路203 は加算器B4、B5と乗算器C3 とから傑成さ 路20~は図5に示す係数算出回路203に置き換わ

の他方の入力端に各々供給される。また、加算器日4 の 加算器Bgの加算結果は(1-a)となって、加算器B いてa2が演算され、加算器B5の他方の入力端に供給 (-)、栗算器 C_3 の-方の入力端、および乗算器 C_3 加算入力婦(+)には「1」が供給される。このため、 5 の一方の入力婚に供給される。一方、乗算器Cgにお される。そして、加算器B5は、加算結果 (1-a) と [0029] まず、aは、加算器Bqの減算入力増

展開することができることは知られている。

[数10]

(BB)

ができる。 すなわち、

[数11]

(B4)

a) +1-a と近似することができる。これを式(B きる程に小さいときには、式 (B4) より、1/ (1+ 2) に適用すると、次式を得ることができる。

[数12]

....(BS)

ť 9、式 (BS)

[数13]

(9g)

[0027] A-2-2:双線形変換による1次LPF ムに変化させることができる。

次に、1/(1+a)の値を2次近似した第四実施例に (2枚以上の近似)

ついて説明する。式 (B3) の2次の項 (第3項) までを 用い、係数1/(1 + a)を次式のように近似する。

[数14]

....(BJ)

[数15]

イジタルフィルタの伝達関数は、式 (BB) に示すものと 8を乗算器M1(図1) に供給する。この結果、このデ なる。なお、この場合、係数算出回路203 はβ=1a+a2となる係数βを算出することができれば、その (88) 構成は問われない。

[0030] 以下同様に、双線形変換を用いて2次以上 ることが容易になり、aが連続的に変化しても、この変 さらに、第三実施例と比較して周波数特性の再現性を向 の近似を行った1次LPFを実現することができる。し たがった、前述した第二実施例と同様に、係数を算出す 化に追従して係数を変化させることができるので、フィ ルタの特性をリアルタイムに変化させることができる。 上させることができる。

上述した各実施例では簡単な1次LPFについて説明し [0031] B: 2KLPF

た。次に、やや複雑な例として、2次のLPFについて

聚算結果 α^2 とを加算して、 $\beta=1-\alpha+\alpha^2$ なる係数

説明する。周知のように、アナログフィルタを用いた 2 **次LPFの伝遊閲数Ha(s)は、次式のようになる。**

[数16]

9

特開平06-061790

Ha (s) = $\frac{s^2 + \alpha q s + \alpha^2}{s^2 + \alpha}$

この石建関数Ha(s)にsーz姫後を施して、伝通関 換、整合2変換、および双1次変換を用いた各異施例に 数Ha(z)を求める。このsーz変換に、標準z変 ついて各々説明する。

[0032] B-1:標準2変換による2次LPF

いて説明する。式 (C1) に標準2変換を施し2の伝達限

数Ha(2)にすると、

[数17]

まず、s-z変換に標準2変換を用いた第五英施例につ

(5)

 $\frac{2\alpha \operatorname{qexp} (-\alpha \operatorname{q/2}) \sin (\alpha (1-\operatorname{q^2/4})^{1/2}) z^{-1} / (4-\operatorname{q^2})^{1/2}}{1-2\operatorname{exp} (-\alpha \operatorname{q/2}) \cos (\alpha (1-\operatorname{q^2/4})^{1/2}) z^{-1} + \operatorname{exp} (-\alpha \operatorname{q}) z^{-2}}$ Ha (2) =

[0033] 次に、式 (C2) のz-1の各係数に含まれる 各関数を、級数展開の低次の項のみを用いて近似する。 となる。ここで、q はレゾナンスを扱す。

を用いてこれら値を式 (C2) に代入し、さらに、1 / (4-q2) 1/2を1/2で近似すると、低趣関数Hg

 $cos(x) = 1-x^2/6$

(2) は次式のようになる。 (数18) (¥4) <u>e</u>

 $e \times p (x) \Rightarrow 1 + x$

ナなわち、

sin (x) #x

Ha (z) = $\frac{1}{1-2} \frac{1}{(1-\alpha q/2)} \frac{1}{(1-\alpha (1-q^2/4)^{1/2}/6)} \frac{1}{2^{-1}} \frac{1}{(1-\alpha q)} \frac{1}{2^{-2}}$ $a^{2}q$ (1- aq/2) (1- $q^{2}/4$) $^{1/2}z^{-1}$

(3)

ルートや割り算を殺数展開することによった、簡単にす 英際には、式 (C5) の分母係数はゲイン項なので、a² q に躍き機えても大楚はない (さらに、式 (C5) は、

IRフィルタDF2 と係数算出回路21とから構成され る z - 1の係数 (ルートは省略)、 M12の係数 B 12は同式 の分母における z^{-1} の係数、 M_{13} の係数 β_{13} は同式の分 母における2-2の係数である。そして、栗算器M11~13 [0034] 次に、伝遊閲数が式 (C5) により示される ている。係数算出回路21は、a、q、および数値から る。すなわち、M1の係数 B11は式 (C5) の分子におけ の各々は、入力データに対し係数 B 11~13を入力データ H a (2) = る。この図に示すように、この契施例は2次の直接型1 ディジタルフィルタの構成について説明する。図6は、 係数月11~13を算出し、各々乗算器M11~13に供給す このディジタルフィルタの構成を示すプロック図であ

に飛算する。なお、この図における係数算出回路21の 構成は一例であり、その構成が式 (C5) によるものであ ことによって、栗算器M11~13の栗算係数を簡単な漿除 PFのような多少複雑なフィルタであっても、栗鼻係数 の算出をテーブルを介することなく高速に行うことがで [0035] この異쳭例のように、s-z 敷梭後の伝達 関数がやや複雑であっても、各係数に敬々な近似を施す 質のみによった行うことができる。したがって、2枚5 れば、その構成は問われない。

いて説明する。式 (C1) に整合z変換を施しzの伝達関 次に、s-z変換に整合z変換を用いた第六契結例につ [0036] B-2: 盤合z変換による2次LPF することができる。

きるので、フィルタの周嵌数特性をリアルタイムに制御

数にすると、 [数19]

1-2exp (-aq/2) cos (a (1-q2/4) 1/2) 2-1+exp (-aq) 2-2 $a^2q (1+z^{-1})$

[報20] となる。式 (A3) によりexp関数を、式 (C4) により

c o s 関数を各々 1 次近似すると、式 (DI) の分母は次 共(回)の分母=

 $1 + (\alpha q + \alpha^2 (1 - q^2/4) - 2) z^{-1} + (1 - \alpha q + \alpha^2 q^2/4) z^{-2}$

(10)

®

(D1) における分子で示され、分母が式 (D2) で示され ら梅成され、係数々、q、および数値から係数B21~23 算する。これら係数 821~23について説明すると、係数 数月22は式 (D2) の分母における (-z-1) の係数、係 の構成について説明する。図7は、伝遊脳数の分子が式 る。係数算出回路22は、複数の乗算器および加算器か ~M23は、各々係数 B21~23に基づいて入力データを聚 この図に示すように、この裏施例は、2次の直接型11 RフィルタDF3 と係数算出回路22とにより構成され を演算し、乗算器M21~23に各々供給する。乗算器M21 B21は式 (DI) の分子における (1+z-1) の係数、係 【0031】 欠に、この伝染医数のディジタルフィルタ 数 823は同式の分母における $(-z^{-2})$ の係数である。 るディジタルフィルタの構成を示すブロック図である。

関数にすると、 [数21]

4+200+02 2-2 4-2aq+a2 $a^2q (1+z^{-1})^2/(4+2aq+a^2)$ 1-4+209+012-1+ 8+202 —= (z) eH

 $\frac{1}{4+2aq+a^2} = 1 - \frac{2aq+a^2}{4+2aq+a^2}$ となる。この式の各項に含まれる1/ (4+2aq+a 2) に発目し、これをテイラー展開して1次の項にて近

.... (E2)

.....(E3) Ha (z) = $\frac{\alpha^2 q}{1 - (8 + 2\alpha^2)} \frac{(1 - (2\alpha q + \alpha^2)/4)}{(1 - (2\alpha q + \alpha^2)/4)}$ z⁻¹ + $(4-2\alpha q + \alpha^2)$ $(1-(2\alpha q + \alpha^2)/4)$ z⁻²

[数23]

となる。これにより、式(E2)は次のような近似式とす

ることができる。

イルタロF4 と係数算出回路23により構成される。係 2 の係数、係数 8 32は同式の分母における ($^-$ z $^-$ 1) の ジタルフィルタの構成について戦略する。図8は、この 係数、係数 B_{33} は同式の分母における $(-z^{-2})$ の係数 [0040] 次に、伝递関数が式 (E3) で示されるディ の図に示すように、この真筋例は2次の直接型11Rフ 数算出回路23は、係数a、a、および各数値から係数 ~33を乗算し、乗算係数M34は入力データに対して係数 「2」を乗算する。これら係数831~33について説明す ディジタルフィルタの構成を示すプロック図である。 こ **県算器M31~M33は、入力データに対して各々係数β31** ると、係数月31は式 (E3) の分子における (1+z-1) B 31~33を仮算し、各々乗算器M31~M33に供給する。

【0041】この実施例では、第五および第六実施例と 同様に、sーz変換後の伝達関数がやや複雑であった Ha (s) = S+a

Ha (z) = $\frac{1 + 6 \times p (-\alpha) z^{-1}}{1 + 6 \times p}$ (z)で表すと、次式のようになる。

も、各係数に様々な近似を施すことによって、係数B31 る。したがって、栗草係数の算出をテーブルを介するこ F, BPF, BEFなど) にも用いることができる。そ となく高速に行うことができ、フィルタの周波数特性を 【0042】上述した各契施例では、ローパスフィルタ について説明したが、回機な手法を他のフィルタ(HP こで、次に、この手法を用いた1次HPFおよび2次M ~33を簡単な乗除算のみによって算出することができ FP (Mid Frequency Presence) について説明する。 リアルタイムに制御することができる。

周知のように、アナログフィルタを用いた1次HPFの まず、1次HPFである第八裏臨例について説明する。 伝避関数Ha (s) は、次式 (F1) のようになる。 [0043] C:HPF (ハイパスフィルタ) [数24]

(FI) · · · ·

(F2)

[数25]

この式 (F1) に標準2変換を施し、2の伝達関数H8

これら係数に含まれる1/2や1/4等はピットシフト [0038]この実施例でも、第五実施例と同様に、各 **保敷に様々な近辺を施すことによって、栗煇器M21~23** の係数 $B_{21} \sim_{23}$ を簡単な乗除算のみによって行うことが 高速に算出することができる。したがって、フィルタの 次に、sーz変換に双1次変換を用いた第七実施例につ いて説明する。式 (C1) に双1次2変換を施し2の伝達 によって実現することができるので、係数算出回路22 できるので、係数B21~23をテーブルを介することなく 因波数特性をリアルタイムに制御することができる。 【0039】B-3:双1次空換による2次LPF は係数算出を簡単な演算のみで行うことができる。

おいて、その入力信号は、加算器H3 の一方の入力端お に、加算器H4 の加算結果は遅延築子 z-1の遅延入力端 端に供給される。乗算器M7 はその入力信号を係数αで 【0045】また、同図 (2) のディジタルフィルタに よび加算器H4の複算入力端(-)に供給される。さら の入力場に供給されて、このディジタルフィルタの入力 ジタルフィルタの出力信号として外部出力されるととも に、加算器H5 の一方の入力端および乗算器M7 の入力 に供給される。遅延素子 z -1の出力信号は加算器の他方 信号と加算される。加算器H3の加算結果は、このディ

[0000] |数28| 【00.49】そして、式 (GI) を監合 z 変換することに Ha (s) = s2+aqKs+a2 s2+aqs+a2 より、次式を得る。

1-2exp (-aTqK/2) cos (aT (1-q²K²/4) $^{1/2}$) 2-1 +exp (-aTqK) z-2 1-lexp (-aTq/2) cos (aT (1-q²/4) $^{1/2}$) z⁻¹ +exp (-aTq) z⁻² -=(2)H

[0052] [数29] カット部分に対応するアナログの伝達関数は、次式のよ S2+8q5+83 うに安すことができる。 (0051) Øカット

[0054] [数30] [0053] 同様に、式 (G3) を整合z変換することに s2+aqKs+a2 より、次式を得る。

Ha (s) =-

(F3) は次のようになる。

この式の e x p (ー a) を、式 (N3) と回接に 1 次の項

にて近似して、e×p (-a) =1-aとすると、式

....(F3)

て、加算器Hg の加算結果は、加算器Hqの加算入力端 **乗算し、加算器H5の他方の入力端に供給する。そし** (+) に宋拾される。

[0044] 次に、伝递閲数が式 (F3) により示される

Ha (z) = $\frac{1}{1-(1-a)}$ z⁻¹

 $1 - 2^{-1}$

(1)、 (2) はこのディジタルフィルタの構成を示す ルタにおいて、その入力倡号は加算器H」の加算入力端

ディジタルフィルタの構成について説明する。 図9の

ブロック図の一倒である。 回図(1)のディジタルフィ

ルフィルタの伝遊関数は、いずれも式 (F3) により示さ **ることができる。したがって、係数算出を行う必要がな** て、フィルタの特性をリアルタイムに制御することがで [0046] 図9 (1) あるいは(2) に示すディジタ au、乗算器 M_6 あるauは M_7 の栗算係数をどちらもlphaとす く、α を乗算係数として直接的に供給することによっ

(+) に供給される。加算器H1の加算結果は、このデ

ィジタルフィルタの出力信号として外部出力されるとと もに、乗算器Mgにおいて係数aが乗算されて加算器H 2 の一方の入力44に供給される。そして、加算器H2 の 加算結果は遅延素子2-1の運延入力端に供給される。さ

らに、避延案子-1の出力信号は、加算器H1の減算入力

端(一)および加算器H2の他方の入力端に供給され

て、帰避される。

FPについて説明する。図10は、一般的な2次MFP 代に、色のフィルタの倒として鮮九珽福回である2KM の周波数応答を示す特性図である。この図に示すよう [0047] D:2次MFP

す。また、aはブーストあるいはカットにおける角周波 **グースト部分に対応するアナログの伝達関数は、次式の** に、K(K>1)はプースト曲あるいはカット曲を扱 **の**ガースト 数かある。

ように扱すことができる。 [0048]

(15)

(05)

(69)

.... (64)

1-2exp (-aTq_N/2) cos (aT (1-q_N²/4) ^{1/2}) z^{-1} +exp (-aTq_N) z^{-2} [0056] [数31] うになる。 と、すなわち、式 (62) と式 (64) とを合わせると、2 **次のMF Pにおけるディジタルの伝遊脳数は、次式のよ** [0055] そして、ブーストとカットとを合わせる

H (z) = $\frac{1-2e \times p}{1-2e \times p} \frac{(-a Tq_p/2) \cos (a T (1-q_p^2/4)^{1/2})}{1-2e \times p} \frac{(-a Tq_p) \cos (a T (1-q_p^2/4)^{1/2})}{1-2e \times p} \frac{(-a Tq_p^2/4)^{1/2}}{1-2e \times p} \frac{(-a Tq_p^$

に、各々置き換える。そして、式 (G5) において、分母

項、分子項は、ともに上述したLPFの同形であるの

で、次式のように近似することができる。

[0058]

数32]

【0051】 ここで、ブースト的分の保数を

q K = q N Cb = b に、カット部分の除数を

Nb is b (1 b = b

 $1-2z^{-1}+$ (a T q + B 2T 2 (1 - q + 2/4)) z -1 + z -2+ (- a T q + a 2T 2 q + 2/4) z -2

(99) $H(z) = \frac{\tau}{1 - 2z^{-1} + (aTq_0 + a^2T^2(1 - q^2/4))} \frac{z^{-1}}{z^{-2}}$ $+ z^{-2} + (-aTq_0 + a^2T^2q_0^2/4) \frac{z^{-2}}{z^{-2}}$

【0059】なお、この式の伝遊脳数で安せられるMF 【0060】以下同様に、アナログフィルタの伝達関数 Pフィルタの構成の脱明については省略する。

に対しs-z変換を施し、この変換された伝達関数の各 【0061】上述した実施例では、係数算出回路20~ 係数を一個以上の多項式によって近似することにより、 様々なフィルタに対処することができる。

23がいずれもハードウェア (加算器、乗算器等) によ 次に、ソフトウェアにより乗算係数算出する第十実施例 り構成されて、各乗算係数の算出を行うものであった。 を電子楽器に応用した場合について説明する。 E-1:電子楽器の構成

まず、この亀子楽器の構成について説明する。図11は おいて、1は制御プログラムに基づき各種演算や処理等 資算処理装置)、2はCPU1によって実行されるプロ この電子楽器の構成を示すブロック図である。この図に を行い、バスに接続された各部を制御するCPU(中央 グラムや各種データ等を記憶するROM(リードオンリ 各種のデータを一時記憶するR AM(ランダムアクセス メモリ)、3はプログラム用のワークエリア等を有し、 メモリ)である。

【0062】4は複数の壁によって構成される鍵盤であ る。この騒盤4は、各位毎の押離や、押段速度等を検出 する機構を有し、押雕観および押艇速度に対応した信号 を生成して、顰蟄インターフェイス5に供給する。慇蟄

ち、これらの信号は、押録に対応する信号キーオンKO インターフェイス5は、鍵盤4から供給された各種信号 N、健康に対応する信号キーオフKOFF、神壁に対応 した音高を扱す情報キーコードKC、押鏈速度に対応す に基ろいて次に述べるような信号を生成する。すなわ る情報イニシャルタッチIT等である。

[0063] 6は各種設定を行うためのスイッチ等から **雑成された操作パネルである。操作パネル6では、出力** すべき楽音の音色(ピアノ音や、オルガン音、ヴァイオ の設定、さらに、眩処理行う場合にフィルタ特性の基準 とは、図12に示すように、出力すべき楽音のカットオ フ周波数を押録時から時間変化させるものであり、fc よびfcはチャンネル毎に設定される。このような操作 リン音等)の過択や、フィルタ時変動処理をするか否か となるカットオフ周波数fc、および目標となるカット は押健直後のカットオフ周政数、「dは最終的なカット オフ周波数を各々示す。これらカットオフ周波数fdお パネル6の散定情報は、パネルインターフェイス7に供 オフ周波数14等の設定が行われる。このフィルタ処理

胃報を生成して、バスに供給する。すなわち、これらの [0064] パネルインターフェイス1は、操作パネル から供給された散定情報から、楽音信号の形成に必要な KTCや、カットオフ周波数 l c 、f dに対応する情報 育報は、選択された音色に対応する情報を表す音色コー

テップSa8に進む。

T等の情報に基づく楽音信号を生成し、フィルタ部9に **等である。8は時分割にて複数(第0~第15)チャン** ネルで動作する楽音合成回路部であり、各々のチャンネ 供給する。フィルタ部9は、その伝達関数が式 (A7) に 数なおよびBに揺びくフィルタ処理を時分割かつリアル 成されるサウンドシステムであり、この出力信号はスピ ルは、前述の楽音信号の形成に必要な情報、すなわち、 キーコードKC、音色コードTC、イニンャルタッチ I 示すものであり、各チャンネルの楽音信号に対して、係 タイムにて行う。10はD/A変換器や増幅器等から構 ーカ11を介して電子楽器の楽音として出力される。 [0065] E-2:電子楽器の動作

3~図16を参照して説明する。なお、この動作説明で は、CPU1にて実行される各ルーチン毎に分けて説明 大に、上述した構成による実施例の動作についた、図1

はじめに、この電子楽器に電源が投入されると、CPU 1 は図13に示すメインルーチンの実行を開始し、眩ル ーチンのステップSa1を裏行する。ステップSa1に おいてCPU1は、初期化処理を行って、RAM3内の 各種レジスタのゼロリセットや、また、周辺回路の各種 変数に初期散定値の審き込み等を行う。この初期化処理 後、フローはステップSa2に進む。ステップSa2に おいてCPU1は、雌盤4の各雌を走査してこの押職職 【0066】 E-2-1:メイソラーサンの製存 状態を検出し、次のステップSa3に進む。

[0067] ステップSa3において、CPU1は壁盤 「YES」となり、次のステップSa4へ進む一方、鐚 イベントが検出されない場合には、ここでの判別結果は ップSa4においてCPU1は、鍵イベントの状態 (K は、レジスタKEVの内容がキーオンイベントKONに 4から鑵イベント(状態変化)の有無を判別する。 ここ 「NO」となり、後述するステップSa8~進む。ステ をレジスタ1Tに、各々の検出状態に対応した値を各レ 対応するものであるか否かを判別する。つまり、雌イベ ONあるいはKOFF) をレジスタKEVに、キーコー ドKCをレジスタKCに、そしたイニシャルタッチIT いいた、レジスタKEVの内鉛がキーオンイベントKO Nである場合には、判別結果が「YES」となり、ステ 方、レジスタKEVの内容がキーオフイベントKOFF ップS86に進んでキーオン(発音)処理が行われる一 である場合には、判別結果が「NO」となり、ステップ お、これらキーオン/キーオフ処理の詳細については後 述する。そして、これら処理が終了すると、フローはス で、押壁等の健イベントが検出されると、判別結果が ジスタに設定して、フローをステップSB5へ進める。 ントが押壁に対応するものであるか否かが判別される。 [0068] 次に、ステップSa5においてCPU1 Sa7に進んでキーオフ(消音)処理が行われる。な

[0069] ステップSa 8においてCPU1は操作パ ネル6の各スイッチを走査して、これらスイッチによる **ライベントの有無を執別する。いいた、パネケイベント** ステップSa9では、この設定状態からCPU1はパネ が検出されると、判別結果が「YES」となり、次のス アップSョ10~道むー方、パネルイベントが検出され ない場合には、ここでの判別結果は「NO」となり、後 **酘定状値を検出し、フローをステップSg9〜迪める。** 述するステップSョ13~進む。

年配平06-061790

9

スタに操作パネル4の設定値、例えば、音色の設定値や パネルイベントがフィルタパラメータの操作である場合 の操作でない場合には、判別結果が「NO」となり、ス [0071] 改に、 ステップSa13において、 CPU 1 はフィルタ時変動処理を行う。この処理は、楽音合成 回路部8の各チャンネルにより生成された楽音信号に対 このように、メインルーチンでは、CPU1が分植イベ [0010] さらに、ステップSal0において、CP には、判別結果が「YES」となり、次のステップSa ルタパラメータの散定値を告き込んで、ステップSa1 テップSa12に遡み、CPU1は、RAM3内のレジ してフィルタ部9の各係数等を散定するもので、詳細に ついては後述する。 隊処理完了後には前述したステップ U1はステップSa9にて検出されたパネルイベントが 11に進み、CPU1は、RAM3内のレジスタにフィ 3に遊む。一方、パネルイベントがフィルタパウメータ Sa2に戻り、電源が切断されるまでステップSa2~ フィルタパラメータの操作であるか否かの判別を行う。 効果の設定値を告き込んで、ステップSa13に進む。 ステップSal3の一連の処理が繰り返し取行される。 ントに対応した楽音信号を生成するように指示動作す

【0072】E-2-2:キーオン処理ルーチンの動作 むと、図14に示すキーオン処理ルーチンを実行し、駁 は、大別すると次の処理がなされる。すなわち、楽音値 号を生成させるチャンネルが割り当てられ、眩チャンネ CPU1は、そのフローが哲説したステップSa6に過 ルの状態が設定される。このチャンネルに各情報が供給 されて、楽音信号の生成が開始される。さらに、フィル タ特性に関する情報がフィルタ部9に供給される。以 ルーチンをステップ S b 1 に進める。このルーチンで F、これらについて説明する。

【0073】まず、ステップSb1に進むと、CPU! は、楽音合成回路部8の割当可能な空きチャンネルを第 発音符機の状態となっているものを指している。ステッ 空きチャンネルがサーチされたか否かを判別する。 空き 0 チャンネルから第15チャンネルまで鬩孜サーチし、 プSb2においてCPU1は、ステップSb1において ステップSb2に逝む。ここで、空きチャンネルとは、 「YES」となり、後述のステップSb4に進む一方、 チャンネルがサーチされた場合には、この判別結果が

(12)

ち、最も威袞が進んでいるチャンネルを選択し、これを [0074] ステップSb3では、CPU1はエンベロ 強制的に発音停止させて「空きチャンネル」とするトラ 空きチャンネルがサーチされない場合、すなわち、第0 ~15チャンネルの全てが何らかの形で発音中の場合、 ープ波形の板幅が最も小さい発音チャンネル、すなわ ンケート処理を異行し、次のステップSb4を実行す 判別結果が「NO」となり、ステップSb3に進む。

は、上述したステップSb2において検出された空きチ C P U 1 は、レジスタ C H に費き込まれた番号に該当す KKC、音色コードTC、およびキーオン信号KONを 出力する。これにより、該当するチャンネルは、これら 情報に基づいた楽音信号を生成して、CPU1の処理は 処理による空きチャンネルの番号をレジスタCHに告き 込み、ステップSb5~遊む。ステップSb5において る楽音合成回路 88の名チャンネルに対して、キーコー ャンネルの番号、虫たはステップS b 3のトランケー l [0075] 次に、ステップSb4においてCPU1 ステップSb6に進む。

「1」の場合に該処理が行われる。また、フィルタ時変 助処理を行うか否かの設定は、図11における操作パネ ル6によって行われる。フラグFEの値が「1」である 協合には、判別結果が「YES」となり、処理手順はス テップSb7に進む一方、フラグFEの値が「1」でな 処理ルーチンは終了し、前述のメインルーチンにおける ここで、フラグFEは、後述するフィルタ時変動処理を 行うか否かによってその値が変化するものであり、値が い場合には、判別結果が「NO」となり、このキーオン [0076] 次に、ステップSb6においてCPU1 は、フラグFEの値が「1」であるか否かを判別する。

て対応するチャンネルのフィルタ時変動処理要求フラグ FM[CH]の値を「1」にセットし、引き続き、ステッ プS b 8 において、基博となるカットオフ関政数 f .c を た、 目腔となる カットナン 固複数 f d かキーコードKC によりスケーリングしたものをレジスタFD[CH]にセ [0077] 次に、CPU1は、ステップSb7におい キーコードKCによりスケーリングしたものをレジスタ FC[CH]にセットし、さらに、ステップSb9におい ステップSa8に戻る。

ンケート処理等によって強制的に消音されたことを示す る。ステップSc1においてCPU1は、キーオン処理 のステップSc2に進む一方、発音中でなければ、トラ 【0078】E-2-3:キーオフ処理ルーチンの動作 3参照)に進むと、図15に示すキーオフ処理ルーチン 時に割り当てられたチャンネルが発音中か否かを判別す る。発音中であれば、判別結果が「YES」となり、次 CPU1は、その処理が前述したステップSa7(図1 を実行し、酸ルーチンのステップSc1に処理を進め ットして、このキーオン処理ルーチンを終了させる。

c 3において、該チャンネルのフィルタ時変動処理要求 **ーチンを終しさせた、メインルーチン (図13参照) に** て数チャンネルにキーオフKOFF僧号を供給して楽音 フラグFM[CH]を0にセットし、このキーオフ処理ル **11号の生成を停止(消音)させ、引き続き、ステップ S** [0079] 次に、CPU1は、ステップSc2におい ので、このキーオブ処理ルーチンを終了させる。 おけるステップSa8に戻る。

【0080】E-2-4:フィルタ時変動処理ルーチン

て、フィルタ時変動処理要求フラグFM[CH]の値が判 ず、フラグFEの値が「1」であるか否かの判別が行わ CPU1は、その処理が前述したステップSa13(図 13参照)に進むと、図16に示すフィルタ時変動処理 ∿ーチンを実行し、骸ルーチンのステップSd1に処理 れ、次に、第0~第15までの各々のチャンネルに対し 別され、さらに、このフラグFEが「1」であるチャン を進める。このフィルタ時変動処理ルーチンでは、ま ネルに対して、各々フィルタ時変動処理が行われる。

理を行わないものとみなして、このフィルタ時変動処理 となり、フィルタ時変動処理を行うとみなして、ステッ **プSd2に進む一方、フラグFEの値が「1」でない場** 合には、判別結果が「NO」となり、フィルタ時変動処 フィルタ時変動処理を行うか否かを判別する。フラグF Eの値が「1」である場合には、判別結果が「YES」 は、フラグFEの値が「1」であるか否か、すなわち、 【0081】まず、ステップSd1においてCPU1 トーナンを称しゃわる。

の値が「1」であるか否かを判別する。このフラグFM [0082] 次に、CPU1は、ステップSd2におい ステップSd3において、レジスタCHの値に対応する の値が「1」である場合には、判別結果が「YES」と なり、次のステップSd4に進む一方、フラグFMの値 チャンネルのフィルタ時変動処理要求フラグFM[CH] が「1」でない場合には、判別結果が「NO」となり、 て、レジスタCHの値を「O」にセットし、引き続き、 後述するステップSd11に進む。

じ、さらに、レジスタFCの値を加算したものを、レジ か否かを判別する。この差が一定値に以下である場合に は、判別結果が「YES」となり、次のステップSd6 に進む一方、この差が一定値に以下でない場合には、判 スタFCの新たな値としてセットし、ステップSd5に Dの値とレジスタFCの値との遊が一定値に以下である [0083] ステップSd4においてCPU1は、レジ **遊む。ステップSd5においてCPU1は、レジスタF** 別結果が「NO」となり、後述のステップSd8に進 スタFDの値とレジスタFCの値との笹に係数Kを乗

【0084】 ステップ Sd 6 において CPU 1 は、レジ スタFDの値をレジスタFCの値としてセットし、引き

広するチャンネルのフィルタ時変動処理要求フラグFM 晩き、ステップSd7において、レジスタCHの値に対 [CH]の値を「0」にセットし、ステップSd8に進

スタFCの値に2π/Fs(Fsはサンプリング周波数 給する。これにより、フィルタ卸4は、レジスタCHの [0085] ステップSd8においてCPU1は、レジ プSdgに進む。さらに、ステップSdgにおいてCP **てCPU1は、係数aおよび係数8をフィルタ部9に供** を殺す) を乗じたものを係数 a としてセットし、ステッ し、ステップSd10に進む。ステップSd10におい 値に対応するチャンネルの楽音信号に対して係数αおよ U1は(1−α+α²/2)の値を係数βとしてセット び係数Bに基づくフィルタ時数動処理を行う。

ップSd3に再び戻る。このようにして、上述した動作 ペレジスタCHの値を1インクリメントして、ステップ る。レジスタCHの値が最大チャンネル数CHMAXを 越えた場合、すなわち、第0~第15チャンネルのすべ てに対しステップSd3~Sd11の処理がなされた勘 合には、この判別結果が「YES」となり、CPU1は ない場合、すなわち、第0~第15チャンネルのすべて に対しステップSd3~Sd11の処理がなされていな い場合には、判別結果が「NO」となり、前述したステ を第0~第15までの各々のチャンネルに対して繰り返 した後に、処理は前述のメインルーチンにおけるステッ は、次のチャンネルに対したフィルタ時效動処理をすべ は、レジスタCHの値が楽音合成回路部8における最大 レジスタCHの値が最大チャンネル数CHMAXを越え [0086] 太に、ステップSd11においてCPU1 このフィルタ時変動処理ルーチンを終了させる。一方、 Sd12に進む。ステップSd12においてCPU1 チャンネル数CHMAXの値を越えたか否かを判別す ブSa2に戻る。

[0087]この実施例によれば、sーz変換直後の伝 達閥数の係数計算が複雑であっても、この計算式を簡単 るCPU1の計算によってフィルタ係数a、 Aを容易に 算出することができる。したがって、押録直後の楽音信 な乗除算にて近似することによって、ソフトウェアによ **号におけるカットオフ周波数 f cを、目標値である最終 約なカットオフ周波数 f d へとリアルタイムに変化させ** ることができる。 【発明の効果】以上説明したこの発明によれば、フィル

ブルを用意して聞く必要のないディジタルフィルタを協 タの特性と非線形な関係にある係数を、一個以上の多項 式に近似して放算することによって、複雑な関数計算を **行う必要のない、また、予め非線形関数を格納したテー** 供することができる。

[図面の簡単な説明]

[図1] この発明による第一球施例の構成を示すプロ [図2] B=1-aである係数算出回路201の構成 ック図である。

を示すプロック図の一倒である。

【図4】 β=1-a+a2/2 である係数算出回路2 [図3] 伝強関数が式 (A5) により示されるディジタ ルフィルタの構成を示すプロック図の一例である。

[図5] β=1-α+α2 である保飲算出回路203 02 の構成を示すプロック図の一例である。

【図6】 缶遊閲数が式 (C5) により示されるディジタ ルフィルタの構成を示すブロック図である。

の権政を示すプロック図の一倒である。

[図7] 伝遊閲数の分子が式 (DI) の分子により示さ れ、伝達関数の分母が式 (D2) により示されるディジタ

【図8】 伝達関数が式 (E3) により示されるディジタ ルフィルタの構成を示すプロック図である。 **ハフィルタの街段をドキブロック図むある。**

【図9】 伝遊閲数が式 (F3) により示されるディジタ

[図10] 一般的な2次MFPの周波数応答を示す特 ルフィルタの権政を示すブロック図の一向やむる。

[図11] 第九英箇例である電子楽器の構成を示すブ 性図である。

フィルタ時変動処理による周波数特性の変 化を示す説明図である。 ロック図である。 [図12]

[図13] 電子楽器のメインルーチンの動作を示すフ 【図14】 回氓協倒におけるキーオン処理ルーチンの ローチャートである。

[図15] 阿実施例におけるキーオフ処理ルーチンの 動作を示すフローチャートである。 動作を示すフローチャートである。

【図16】 同実施例におけるフィルタ時変動処理ルー チンの動作を示すフローチャートである。

A、H……加算器、M……条算器、z-1……遅延索子、 20~23……保数算出回路



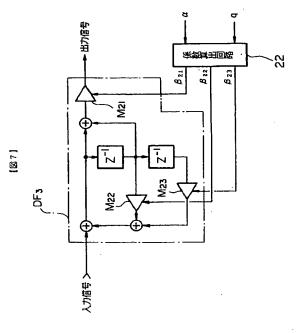
(15)

[98]

q [1/2,] [1]

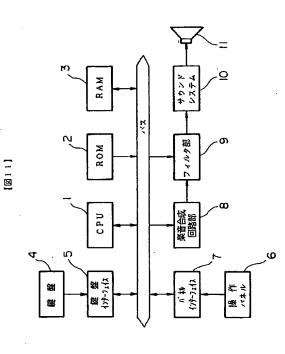
-[1/4]-

入力循节 丫





伝達関数Ha(2) = $\frac{\beta_{11}z^{-1}}{1-\beta_{12}z^{-1}-\beta_{13}z^{-2}}$

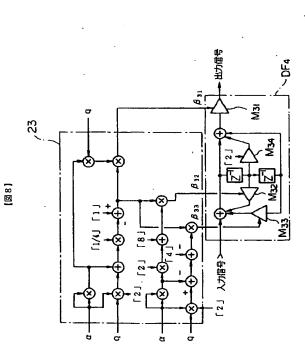


[6國]

出力储号

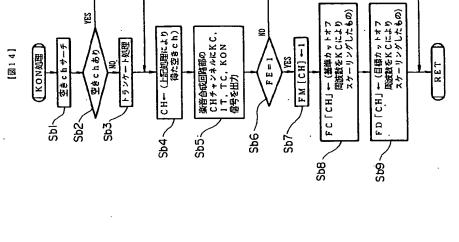
 $\widehat{\mathbf{I}}$

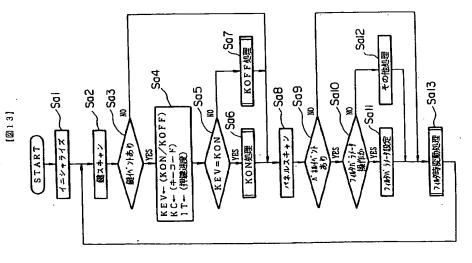




后途開散 Ha (z) = $\frac{\beta_{31} (1+z^{-1})^2}{1-\beta_{32}z^{-1}-\beta_{33}z^{-2}}$







(21)

